

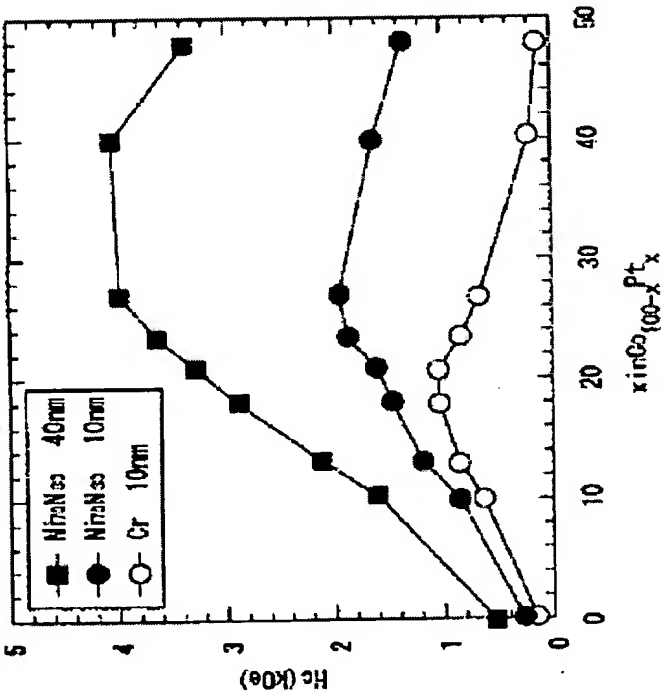
MAGNETIC RECORDING MEDIUM

Publication number: JP2002222517
Publication date: 2002-08-09
Inventor: OMORI HIROYUKI
Applicant: SONY CORP
Classification:
- international: G11B5/65; G11B5/673; G11B5/738; H01F10/16; H01F10/26; G11B5/62; G11B5/64; G11B5/66; H01F10/00; H01F10/12; (IPC1-7): G11B5/738; G11B5/65; G11B5/673; H01F10/16; H01F10/26
- european:
Application number: JP20010016692 20010125
Priority number(s): JP20010016692 20010125

Report a data error here

Abstract of JP2002222517

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic recording medium having high coercive force and low medium noise, wherein recording and reproduction can be performed with the high ratio of the signal to the noise (S/N) even in high density recording and the change of the signal in lapse of time is lessened. SOLUTION: In the magnetic recording medium 1 having a magnetic recording layer 4 laminated on a non-magnetic substrate 2 via a base layer 3, the base layer consists of a nitride (e.g. Ni70N30) consisting of at least one element selected from the group consisting of Fe, Co and Ni and nitrogen and the magnetic recording layer consists of at least one element selected from Co and Fe and at least one element selected from Ni, Pt and Pd (e.g. CoPt alloy film).



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-222517

(P 2 0 0 2 - 2 2 2 5 1 7 A)

(43) 公開日 平成14年 8 月 9 日 (2002. 8. 9)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G11B 5/738		G11B 5/738	5D006
5/65		5/65	5E049
5/673		5/673	
H01F 10/16		H01F 10/16	
10/26		10/26	
審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全14頁)			

(21) 出願番号 特願2001-16692 (P 2001-16692)

(22) 出願日 平成13年 1 月25日 (2001. 1. 25)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号

(72) 発明者 大森 広之

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100069051

弁理士 小松 祐治

F ターム(参考) 5D006 BB01 BB06 BB07 BB08 CA01

CA04 CA05 CA06

5E049 AA01 AA04 AA07 AA09 AC05

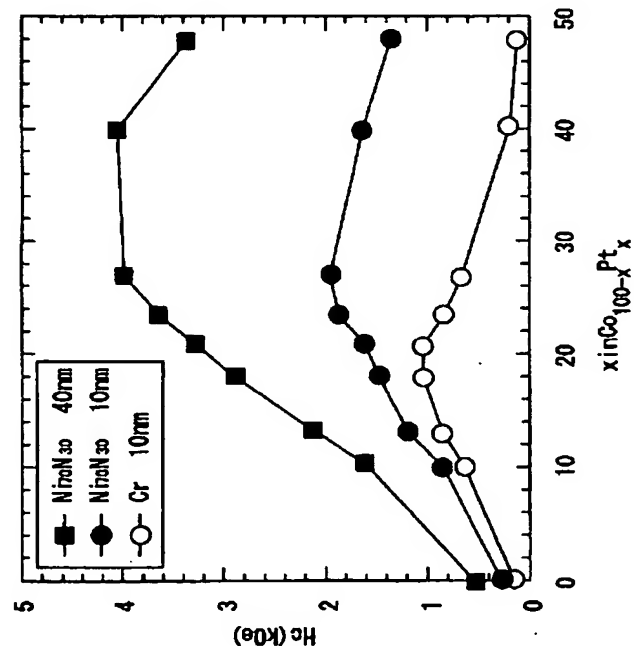
BA12 CB02 DB02 DB12

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 磁気記録媒体において、高い保磁力を有し、しかも、媒体ノイズが十分小さく、高密度記録でも高い信号対ノイズ (S/N) 比で記録再生することができ、かつ、信号の経時変化を少なくする。

【解決手段】 非磁性基板 2 上に下地層 3 を介して積層された磁気記録層 4 を有する磁気記録媒体 1 であって、上記下地層を Fe, Co, Ni からなる群から選ばれた少なくとも 1 種と窒素とからなる窒化物 (たとえば、Ni₁₀N₃₀) とし、また、上記磁気記録層を Co および Fe から選ばれた少なくとも 1 種の元素と Ni, Pt, Pd から選ばれた少なくとも 1 種の元素とからなる (たとえば、CoPt 合金膜) ようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性基板上に下地層を介して積層された磁気記録層を有する磁気記録媒体であって、上記下地層がFe、Co、Niからなる群から選ばれた少なくとも1種と窒素とからなる窒化物から成り、また、上記磁気記録層がCoおよびFeから選ばれた少なくとも1種の元素とNi、Pt、Pdから選ばれた少なくとも1種の元素とからなることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】 上記窒化物下地層の厚さが2nm以上200nm以下であることを特徴とする請求項1の磁気記録媒体。

【請求項3】 上記窒化物下地層中の窒素の量が15原子%以上50原子%以下であることを特徴とする請求項1又は請求項2の磁気記録媒体。

【請求項4】 上記窒化物下地層の強磁性転移温度が0°以下あるいは常磁性体であることを特徴とする請求項1、請求項2又は請求項3の磁気記録媒体。

【請求項5】 上記窒化物下地層にB、C、O、F、Mg、Al、Si、P、Ti、V、Cr、Mn、Cu、Zn、Ga、Ge、Y、Zr、Nb、Mo、Ru、Rh、Pd、Ag、In、Sn、Sb、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、PtおよびAuからなる群より選ばれた少なくとも1種を含み、その含有量が原子%でFe、Co、Niの総量よりも少ないことを特徴とする請求項1、請求項2、請求項3又は請求項4の磁気記録媒体。

【請求項6】 上記窒化物下地層が組成の異なる層を複数層積層して成る層、あるいは組成を膜厚方向に連続して変化した傾斜組成の層であることを特徴とする請求項1、請求項2、請求項3、請求項4又は請求項5の磁気記録媒体。

【請求項7】 上記窒化物下地層中に六方晶(hcp)の結晶構造の相が含まれることを特徴とする請求項1、請求項2、請求項3、請求項4、請求項5又は請求項6の磁気記録媒体。

【請求項8】 上記窒化物下地層中に含まれる六方晶(hcp)の割合が磁気記録層との界面付近で少なくとも体積比50%以上であることを特徴とする請求項1、請求項2、請求項3、請求項4、請求項5、請求項6又は請求項7の磁気記録媒体。

【請求項9】 上記窒化物下地層中に含まれる六方晶(hcp)の短軸の格子定数(a)が2.6Å以上2.9Å以下、長軸の格子定数(c)が4.1Å以上4.6Å以下であることを特徴とする請求項1、請求項2、請求項3、請求項4、請求項5、請求項6、請求項7又は請求項8の磁気記録媒体。

【請求項10】 上記窒化物下地層と磁気記録層との間に厚さが0.5nm以上30nm以下のRu、Reおよ

びOsから選ばれた少なくとも1種からなる層を挿入したことを特徴とする請求項1、請求項2、請求項3、請求項4、請求項5、請求項6、請求項7、請求項8又は請求項9の磁気記録媒体。

【請求項11】 上記窒化物下地層にB₂O₃、SiO₂、Al₂O₃、TiO₂、Ta₂O₃、ZrO、Y₂O₃、MgOなどの酸化物、TiN、BN、AlN、Si₃N₄、Ta₂Nなどの窒化物、SiC、TiC、B₄C、TaCなどの炭化物および炭素の少なくとも1種を含み、該化合物と上記窒化物とが微細に複合した構造を形成することを特徴とする請求項1、請求項2、請求項3、請求項4、請求項5、請求項6、請求項7、請求項8、請求項9又は請求項10の磁気記録媒体。

【請求項12】 上記磁気記録層がCo、Ni、Fe、CoNiおよびCoFeの少なくとも1種の層とPt、Pd、Niから少なくとも1種の層とを交互積層して成ることを特徴とする請求項1、請求項2、請求項3、請求項4、請求項5、請求項6、請求項7、請求項8、請求項9、請求項10又は請求項11の磁気記録媒体。

【請求項13】 上記磁気記録層がRu、Re、Osのいずれか、あるいはFe、Co、Niから選ばれた少なくとも1種と窒素とからなる窒化物により複数に分断されていることを特徴とする請求項1、請求項2、請求項3、請求項4、請求項5、請求項6、請求項7、請求項8、請求項9、請求項10、請求項11又は請求項12の磁気記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気記録媒体に関する。詳しくは、磁気記録媒体の高保磁力化を図る技術に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、磁気記録媒体用磁気記録層としては、例えば、特開平9-259419号や特開平9-245337号に見られるようにCoとPtおよびCrを主成分としたTa、Tiなど各種の添加物を用いたものが主であるが、より高密度の記録を行うためには低ノイズ化と高保磁力化が必須である。特に面内磁気記録においては熱減磁が大きな問題となるため、より高い保磁力が必要とされる。媒体の保磁力を高めるためには結晶磁気異方性の大きな金属間化合物を用いる方法が考えられ、たとえば、特開平10-255249号に見られるようにCoとSmに代表される磁性元素と希土類元素との金属間化合物を用いる方法や特開平10-92637号に見られるようにCoとPtとの金属間化合物を用いる方法などがある。また、熱減磁の影響を受けにくい方法として垂直磁気記録が提案されていて、特開平1-251356号に見られるようにCoおよびPt、Pdを連続積層構造にすることで垂直媒体が実現できることが示されている。さらに、特開昭59-22807号、

特開昭 63-61411 号、特開平 2-285609 号に見られるように鉄の窒化物を用いて垂直磁化膜を実現する方法が提案されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前述したように、高保磁力を得るためには CoSm 合金や CoPt 合金のように結晶磁性異方性の大きな金属間化合物を用いればよいが、金属間化合物の規則結晶を得るためには比較的高温での成膜や成膜後の熱処理が必要となる。媒体を高温成膜や熱処理などを行った場合、結晶粒子の大きさが増大し、ノイズを増加させる原因となりやすい。低温で規則構造を作りやすい材料として鉄や窒素の化合物が知られているが、結晶磁気異方性が前述の CoSm や CoPt に比べて小さく十分な保磁力を得ることが困難である。また、Co や Pt, Pd を連続積層して成る垂直磁気記録媒体では、加熱工程を必要とせず大きな保磁力が得られるが、たとえば、Journal of Magnetic Society of Japan Vol.18, Supplement, No.S1(1994) p.103に見られるように媒体ノイズが大きいことが知られている。

【0004】そこで、本発明磁気記録媒体は、高い保磁力を有し、しかも、媒体ノイズが十分小さく、高密度記録でも高い信号対ノイズ (S/N) 比で記録再生することができ、かつ、信号の経時変化を少なくすることを課題とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明磁気記録媒体は、上記した課題を解決するために、非磁性基板上に下地層を介して積層された磁気記録層を有する磁気記録媒体であって、上記下地層を Fe, Co, Ni からなる群から選ばれた少なくとも 1 種と窒素とからなる窒化物とし、また、上記磁気記録層を Co および Fe から選ばれた少なくとも 1 種の元素と Ni, Pt, Pd から選ばれた少なくとも 1 種の元素とからなるようにしたものである。

【0006】したがって、本発明磁気記録媒体にあっては、非磁性基板上に形成された Fe, Co, Ni からなる群から選ばれた少なくとも 1 種と窒素とからなる窒化物下地層を介して、Co および Fe から選ばれた少なくとも 1 種の元素と Ni, Pt, Pd から選ばれた少なくとも 1 種の元素とからなる磁気記録層を形成したので、高い保磁力を有し、しかも、媒体ノイズが十分に小さく、高密度記録でも高い信号対ノイズ (S/N) 比で記録再生することができ、かつ、信号の経時変化を少なくすることができる。

【0007】

【発明の実施の形態】以上の方法により、本発明第 1 の目的である高い保磁力を有し、しかも、媒体ノイズが十分に小さく、高密度記録でも高い信号対ノイズ (S/N) 比で記録再生することができ、かつ、信号の経時変化が少ない磁気記録媒体を提供することができる。

【0008】図 1 は、本発明に係る磁気記録媒体の基本構成を概念的に示すものである。

【0009】磁気記録媒体 1 は、非磁性基板 2 に下地層 3 を成膜した後、磁気記録層 (磁性膜) 4 を積層して、表面に保護層 5 を積層して構成されており、上記下地層 3 は Fe, Co, Ni からなる群から選ばれた少なくとも 1 種と窒素とからなる窒化物で構成され、また、磁気記録層 4 は Co 及び Fe から選ばれた少なくとも 1 種の元素と Ni, Pt, Pd から選ばれた少なくとも 1 種の元素とから構成され、また、保護層 5 としては、たとえば、カーボンなどがある (図 1 参照)。

【0010】なお、以下の実施例で示すように、下地層 3 は 1 層に限らず、複数層であっても良く、また、下地層 3 と磁気記録層 4 との間に別の層を成膜したり、非磁性基板 2 と下地層 3 との間に別の層を成膜することも可能である。

【0011】また、非磁性基板 2 上に、窒化物下地層 3 及び磁気記録層 4 を成膜する方法として、たとえば、非磁性基板 2 上に、物理蒸着法により Fe, Co, Ni からなる群から選ばれた少なくとも 1 種と窒素とからなる窒化物下地層 3 を成膜した後、Co および Fe から選ばれた少なくとも 1 種の元素と Pt, Pd, Ni から選ばれた少なくとも 1 種の元素とからなる磁気記録層 4 を合金としてあるいは交互積層膜として、成膜する。

【0012】かかる成膜方法としては、蒸着法、スパッタリング法、メッキ法などがあるが、合金膜を成膜するには組成制御の点でスパッタリング法が適し、磁気テープなど広い面積に成膜する必要がある物は蒸着法が適している。

【0013】合金膜の作製方法は合金ターゲットを用いる方法や異なる元素を多元同時放電により作製する方法等がある。

【0014】スパッタリング法によれば、金属とセラミックスとの複合材料膜も容易に作製できる。複合膜の作製方法は、金属とセラミックスを混合したターゲットやセラミックスターゲット上に金属片を配置あるいは金属ターゲット上にセラミックス片を配置し用いる方法、あるいは金属とセラミックスそれぞれのターゲットを同時放電させて作製する方法などがある。

【0015】膜中に酸素や窒素を混入する方法はスパッタリング時の雰囲気ガス中に酸素や窒素のガスを一定の割合で導入することで可能である。

【0016】また、蒸着法を用いる場合は合金を電子ビームなどで加熱する、電子ビーム蒸着を用いることができる。

【0017】窒素あるいは酸素を膜中に含有させるには蒸着時に酸素あるいは窒素ガスを導入しながら成膜を行う方法等がある。

【0018】なお、磁気記録層 4 を形成する前工程として、下地層 3 表面の少なくとも一部を一般にテクスチャ

加工と呼ばれている加工技術等で予め化学的、物理的な手段で溝状、不規則溝状、もしくは島状などに粗面加工しておいてもよい。

【0019】本発明の磁気記録媒体は成膜中あるいは成膜後に加熱を行っても良いが、後述するように加熱を行わなくとも十分な保磁力が得られるため、非磁性基板2を非加熱あるいは冷却した状態で成膜することができ、よって、プラスチック非磁性基板などを用いることができる。

【0020】

【実施例】以下に、本発明磁気記録媒体の各実施例における特性について、添付図面にしたがって説明する。

【0021】なお、以下に示す各実施例は、本発明磁気記録媒体を磁気ディスクに適用したものである。

【0022】また、以下の各実施例の下地層3および磁気記録層4の成膜は、dcスパッタリング法よりガス圧4 Pa、非磁性基板2の温度は室温で成膜したものである。窒化物下地層3は単体の金属あるいは合金ターゲットを窒素ガス中で成膜して作製した。

【0023】＜第1の実施例＞第1の実施例にかかる磁気記録媒体1は、磁性金属のCoあるいはFeを主成分として、Ni、Pd、Ptから選ばれた少なくとも1種の金属を含む磁気記録層4の下地層3として、Fe、Co、Niからなる群から選ばれた少なくとも1種と窒素とからなる窒化物下地層3を用いたものである。

【0024】図2は、第1の実施例にかかる磁気記録媒体1の一例として、磁気記録層4にCoPt合金膜を用い、下地層3としてNi₇₀N₃₀を用いた場合の磁気記録層4における面内の保磁力(Hc)に対する磁気記録層4中のPt組成の依存性を示したものである。

【0025】また、磁気記録層4は厚さが15 nmのCoPt合金膜、下地層3はNi₇₀N₃₀、非磁性基板2はガラスを用い、上記窒化物下地層3の厚さが10 nm、40 nmそれぞれの場合について示す。また、比較例として一般的に用いられる下地層として厚さ10 nmのCrを用いた場合も合わせて示す。

【0026】図2から解るように、本実施例であるNi₇₀N₃₀下地層3を用いたCoPt磁気記録層4は、Crを下地層に用いたものに比べ、保磁力(Hc)の向上が見られ、また、下地層3の膜厚が厚くなるほど保磁力(Hc)が増加することが解る。

【0027】さらに、Pt組成が20%以上では保磁力(Hc)の向上が比較例と比較してその差異が顕著になることが解る。

【0028】しかして、第1の実施例にかかる磁気記録媒体1によれば、容易に磁気記録層4の保磁力(Hc)を増加させることができ、また、上記の下地層3は磁気記録層4の磁性粒子間の磁氣的相互作用を弱めるため、媒体ノイズを低下させる作用を有する。

【0029】なお、非磁性基板2と上記窒化物下地層3

の間にCr、Ru、Re、Os、Mo、W、Ti、Ta、V、Nb、Zr、Hf、B、C、Si、Al、NおよびOの元素のいずれか又は該元素の合金あるいは化合物の膜を形成することにより、非磁性基板2と下地層3との付着性が改善し、外部衝撃等による損傷を受けにくい磁気記録媒体1を実現できる。

【0030】また、上記窒化物下地層3上に形成される磁気記録層4にCr、Mo、W、V、Nb、Zr、Hf、Ta、Ru、Re、Os、Rh、Ir、Ti、B、PおよびCの元素のいずれか又は該元素の合金を添加することで、より低ノイズな磁気記録媒体1を実現できる。該元素の添加量は0.5原子%より少ない場合、十分な効果が得られず、2.5原子%より大きい場合には飽和磁化量や保磁力(Hc)の減少が大きく好ましくなく、該元素の添加量は原子%で0.5~2.5%以下が望ましい。

【0031】さらに、上記磁気記録層4に酸素および窒素を添加することで、媒体ノイズが低減できる。酸素および窒素の添加量が0.2原子%より少ない場合十分なノイズ低減効果が得られず、1.5原子%を超えると保磁力(Hc)が低下し好ましくない。したがって、磁気記録層4に対する酸素および窒素の添加量は原子%で0.2~1.5%が望ましい。

【0032】＜第2の実施例＞第2の実施例にかかる磁気記録媒体1は、2つの下地層3、3'を成膜した後、磁気記録層4を成膜したものであり、第2の下地層(非磁性基板2上に成膜した第1の下地層3'上に成膜した下地層)3に窒化物を用いたものである。

【0033】図3に、第1の下地層3'として10 nmのWを成膜後、窒化物下地層(第2の下地層)3としてNi₇₀N₃₀を成膜、磁気記録層4として厚さ15 nmのCo₇₀Ni₁₀Pt₂₀を成膜した場合における窒化物下地層3であるNi₇₀N₃₀の厚さに対する磁気記録層4の面内保磁力(Hc)の変化を示したものである。

【0034】窒化物下地層3(Ni₇₀N₃₀)の厚さの増加に対して保磁力(Hc)の増加が見られるが、窒化物下地層3(Ni₇₀N₃₀)の膜厚が100 nm近傍では膜厚の増加に対して保磁力(Hc)の増加量が小さくなり200 nm以上では保磁力(Hc)の上昇は見られず、これ以上膜厚を増やしても保磁力(Hc)の向上は望めないことが解る。

【0035】なお、窒化物下地層3の厚さは特性改善効果を得るためには2 nm以上が必要であり、反対に膜厚が200 nmを超えると膜質が悪くなり、膜の機械的特性が劣化する(割れが生じたり剥がれたり、表面性が劣化する。)ので窒化物下地層の厚さは2 nm以上200 nm以下が望ましい。

【0036】＜第3の実施例＞第3の実施例にかかる磁気記録媒体1は、厚さ50 nmの窒化物下地層3上に磁気記録層4として膜厚15 nmのCo₇₀Pt₂₀を成膜し

たものである。

【0037】図4は、窒化物下地層3としてFeの窒化物を用いたときの、窒化物下地層3内の窒化量と磁気記録層の面内保磁力(Hc)および窒化物下地層の強磁性転移温度(Tc)との関係を示したものである。

【0038】また、図5は、窒化物下地層3としてCoの窒化物を用いたときの、窒化物下地層3内の窒化量と磁気記録層の面内保磁力(Hc)および窒化物下地層の強磁性転移温度(Tc)との関係を示し、図6は、窒化物下地層3としてNiの窒化物を用いたときの、窒化物下地層3内の窒化量と磁気記録層の面内保磁力(Hc)および窒化物下地層の強磁性転移温度(Tc)との関係を示したものである。

【0039】Fe、Co又はNiと窒素との窒化物下地層3においては、いずれも窒素含有量が増えると強磁性転移温度(Tc)が下がり、磁気記録層の保磁力(Hc)は増加することが解る。特に、窒素量が15原子%以上50原子%以下の場合に、保磁力の向上が見られ、さらに、窒素量が20原子%以上30原子%以下の場合に、保磁力向上は顕著に現れている。

【0040】磁気記録媒体1としては、窒化物下地層3が強磁性の場合、再生時のノイズとなる可能性があるので、窒素量などの調整により、窒化物下地層3の強磁性転移温度(Tc)を0℃以下とすることが望ましく、通常の使用状態において、窒化物下地層3の磁気的影響がほとんどない常磁性状態であることが適当であり、つまり、上記の窒化物下地層3は使用状態において大きな磁化を持たないことが好ましい。

【0041】<第4の実施例>第4の実施例にかかる磁気記録媒体1は、厚さ50nmの窒化物下地層3上に磁気記録層4として膜厚15nmの $\text{Co}_{60}\text{Pt}_{21}\text{BrO}_{12}$ を成膜したものであり、上記窒化物下地層3に各種元素を添加したものである。

【0042】図7は、窒化物にBを添加し、膜厚が50nmの $\text{Ni}_{80}\text{B}_{10}\text{N}_{10}$ を窒化物下地層3に用いた場合と、比較例として膜厚が30nmのCrを下地層にした場合で、磁気記録媒体1を作製し記録再生したときの媒体ノイズの線記録密度依存性を示したものである。図中横軸は記録の繰り返し周波数で、1インチあたり何回極性が変化したかで、縦軸はノイズ電圧の積分を低周波の再生出力電圧で規格化した値である。

【0043】記録再生の測定はディスク状のガラス非磁性基板2に窒化物下地層3と磁気記録層4を成膜した後、保護膜5として炭素7nm、潤滑剤2nmを形成したものをを用いた。

【0044】また、記録再生に用いた磁気ヘッドは記録トラック幅0.8μm、ギャップ長が0.18μm、再生トラック幅が0.6μmのものをを用いた。

【0045】しかして、第4の実施例にかかる磁気記録媒体1によれば、比較例に比してノイズが小さく高密度

記録に適したものであることが解る。

【0046】<第5の実施例>第5の実施例にかかる磁気記録媒体1は、膜厚15nmの $\text{Co}_{70}\text{Ni}_{10}\text{Pt}_{20}$ の磁気記録層4の窒化物下地層3として、膜厚50nmの $(\text{Co}_{100-x}\text{M}_x)_{65-75}\text{N}_{25-35}$ (Mは添加物)の組成の窒化物を用いたものであり、図8及び図9は、窒素を除く金属元素中の添加元素量(原子%)と面内保磁力(Hc)との関係を示す。

【0047】しかして、第5の実施例にかかる磁気記録媒体1における窒化物下地層3の添加物(M)としては、B, C, O, F, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Mn, Cu, Zn, Ga, Ge, Y, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, In, Sn, Sb, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, PtおよびAuから選ばれた少なくとも1種であり、上記第4の実施例にかかる磁気記録媒体1と同様に、強磁性転移温度(Tc)を低下させることができ、低ノイズ化を図ることができる。

【0048】また、窒化物下地層3に、貴金属、たとえば、Ru, Rh, Pd, Ir, PtおよびAuから選ばれた少なくとも1種を添加することにより、耐食性の改善を図ることができる。

【0049】さらに、窒化物下地層3に、Ti, CrおよびTaから選ばれた少なくとも1種を添加することにより、結晶の微細化を図ることができ、低ノイズ化を図ることができる。

【0050】なお、図8及び図9から解るように、各元素(B, C, O, F, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Mn, Cu, Zn, Ga, Ge, Y, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, In, Sn, Sb, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, PtおよびAuから選ばれた少なくとも1種)を添加した場合、その磁気記録媒体1の保磁力(Hc)は、上昇するものもあるが、下降するものもあり、一概に保磁力(Hc)の向上にはならないが、上記他の目的(強磁性転移温度の低下、耐食性の向上、低ノイズ化)の達成の下に、上記保磁力の低下が許容される範囲で、添加することが望ましい。

【0051】そして、各元素の添加量は元素の種類目的に応じて調整が可能であるが、添加物の総量が原子%でFe, Co, Niの総量を超えると保磁力(Hc)が著しく低下するため(図8、図9参照)、添加量は原子%でFe, Co, Niの総量を超えないことが望ましい。よって、十分な保磁力(Hc)が維持される添加元素の割合は50%まで、添加物量はCoの量を超えないことが必要である。

【0052】なお、上記窒化物下地層3はより効果を高め

るために、組成の異なる層を積層して用いても良いし、組成を連続的に変化させた傾斜組成膜にしても良い。

【0053】<第6の実施例>第6の実施例にかかる磁気記録媒体1は、膜厚15nmの $\text{Co}_{78}\text{Pt}_{22}$ の磁気記録層4の窒化物下地層3として、膜厚50nmのFe、Co又はNiと窒素との窒化物下地層3を用いたものであり、図10は、下地層3中の窒素量を変えた場合における窒化物下地層3中の六方晶結晶の体積比(R)と磁気記録層4の保磁力(Hc)との関係を示す。

【0054】保磁力(Hc)増加には六方晶結晶の構成比率が重要であり、十分な保磁力(Hc)を得るためには六方晶結晶の体積比率が50%以上必要であることが解る。

【0055】しかし、第6の実施例にかかる磁気記録媒体1によれば、窒化物下地層3に六方晶(hcp)の結晶構造の相を含むことにより、磁気記録媒体1として十分な大きさの保磁力(Hc)および低ノイズを得ることができる。

【0056】また、上記窒化物下地層3中に含まれる六方晶(hcp)の割合は磁気記録層4との界面付近で少なくとも体積比50%以上であることがさらに望ましい。

【0057】<第7の実施例>第7の実施例にかかる磁気記録媒体1は、窒化物下地層3としてFe、Co、Niの窒化物およびそれらに添加物(M)を加えたもののうち六方晶結晶の構成比が70%以上のものを用いたものであり、図11、図12は、六方晶結晶の格子定数(a、c)と磁気記録層4の保磁力(Hc)との関係を示す。

【0058】窒化物下地層3の厚さは50nm、磁気記録層4としては $\text{Co}_{78}\text{Pt}_{22}$ および $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ を用いた。

【0059】窒化物下地層3の短軸の格子定数(a)が2.6Å以上2.9Å以下(図11参照)、長軸の格子定数(c)が4.1Å以上4.6Å以下(図12参照)において、高い保磁力(Hc)を維持することが解る。

【0060】しかし、第7の実施例にかかる磁気記録媒体1によれば、窒化物下地層3としてFe、Co、Niの窒化物およびそれらに添加物(M)を加えたもののうち六方晶結晶の構成比が70%以上のものを用いたので、高保磁力(Hc)を維持することができる。

【0061】また、窒化物下地層3の短軸の格子定数(a)を2.6Å以上2.9Å以下、長軸の格子定数(c)を4.1Å以上4.6Å以下にすることにより、さらに、高い保磁力(Hc)を維持することができる。

【0062】<第8の実施例>第8の実施例にかかる磁気記録媒体1は、窒化物下地層3と磁気記録層4との間に、Ru層を挟んだものである。

【0063】具体的には、かかる磁気記録媒体1は、ガラス非磁性基板2上に10nmのTi(第1の下地層3')を成膜しその上に $\text{Ni}_{100}\text{N}_x$ の窒化物下地層

(第2の下地層)3を成膜し、その上に厚さ10nmのRu層を成膜した後、Ru層の上に厚さ18nmの $\text{Co}_{78}\text{Pt}_{22}$ の磁気記録層4を成膜したものである。

【0064】図13は、上記磁気記録媒体1における保磁力(Hc)と窒化物下地層3の窒素量との関係を示す。比較例としてRu層を有しない磁気記録媒体における磁気記録層4の保磁力(Hc)と窒化物下地層3の窒素量との関係も示す。

【0065】しかして、第8の実施例にかかる磁気記録媒体1によれば、Ru層を挿入すると、窒化物下地層3の窒素量に対する保磁力(Hc)の変化が小さくなり安定した特性の磁気記録媒体1が作製できる(図13参照)。

【0066】なお、窒化物下地層3と磁気記録層4との間に挟む層として上記Ru以外にも、結晶構造をほぼ同じにするRe、Osでも、同様の効果、すなわち、磁気特性の安定化を図ることができる。

【0067】また、窒化物下地層3と磁気記録層4との間にRu、Re、Osから選ばれた少なくとも1種からなる層を挿入する層の厚さが0.5nm未満では効果が少なく、30nmを超えると改善の効果が飽和し材料コストが上昇するため、0.5nm以上30nm以下が望ましい。

【0068】<第9の実施例>第9の実施例にかかる磁気記録媒体1は、窒化物下地層3に酸化物、窒化物、炭化物などを同時に成膜したものである。

【0069】具体的には、かかる磁気記録媒体1は、ガラス非磁性基板2上に10nmのTi(第1の下地層3')を成膜し、その上に30nmの $\text{Ni}_{73}\text{N}_{27}$ の窒化物下地層(第2の下地層)3の成膜時に SiO_2 を同時に成膜($\text{Ni}_{73}\text{N}_{27}\text{-SiO}_2$)し、さらに、その上に厚さ15nmの $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ の磁気記録層4の成膜時に SiO_2 を同時に成膜($\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}\text{-12mol\%SiO}_2$)したものである。

【0070】図14は、上記磁気記録媒体1に窒化物下地層3における SiO_2 の下地層に対する含有率(mol%)と、線密度300kfc/iの記録信号再生時に発生する雑音電圧との関係を示す。

【0071】しかし、第9の実施例にかかる磁気記録媒体1によれば、下地層3に対する SiO_2 の含有率を高くすると、ノイズ電圧を低下させることができる。

【0072】なお、 SiO_2 以外にも、 B_2O_3 、 Al_2O_3 、 TiO_2 、 Ta_2O_5 、 ZrO 、 Y_2O_3 、 MgO などの酸化物、TiN、BN、AlN、 Si_3N_4 、TaCなどの窒化物、SiC、TiC、B₄C、TaCなどの炭化物および炭素とFe、Co、Niの窒化物とを同時に成膜すると、上記第9の実施例にかかる磁気記録媒体1と同様に、金属と酸化物、窒化物、炭化物とが微細に複合した構造(グラニューラー構造)を容易に形成することができ、該複合材料を磁気記録媒体1の下地層3とするこ

とで、磁気記録媒体1のさらなる低ノイズ化が実現できる。

【0073】<第10の実施例>第10の実施例にかかる磁気記録媒体1は、垂直磁気記録媒体（垂直磁化膜）に適用したものであり、その垂直磁気記録媒体としては、CoとPdとを連続的に積層した人工格子膜の例を示す。

【0074】具体的には、第1の下地層3'に膜厚5nmのTiを成膜した上に厚さ30nmの第2の下地層としてCo₅₀Ni₁₅N₃₅の窒化物下地層3を成膜し、Co/Pd連続積層膜を成膜し、該Co/Pd連続積層膜は、一層の膜厚はCoが0.4nm、Pdが0.6nmとした。

【0075】図15は、第10の実施例にかかる磁気記録媒体1と、比較例として厚さ30nmのPdの下地層にCo/Pd連続積層膜を成膜したもので、それぞれの膜面垂直方向の保磁力(H_c_⊥)と磁気記録層4の成膜ガス圧との関係を示す。なお、磁気記録層4の積層周期は20周期とした。

【0076】しかして、第10の実施例にかかる磁気記録媒体1によれば、窒化物下地層3にCo₅₀Ni₁₅N₃₅を用いると比較例の下地層にPdを用いた場合に比べ、膜面垂直方向の保磁力(H_c_⊥)が大きく、優れた垂直磁気記録層を得ることができる。

【0077】また、図16は、第1の下地層3'のTiと、第2の下地層（窒化物下地層：Co₅₀Ni₁₅N₃₅）3と、膜厚0.4nmのCoと0.6nmのPdとを15周期連続的に積層した磁気記録層4とから構成される垂直磁気記録媒体1で、比較例として30nmのPdを下地層として用いた場合の規格化媒体ノイズと線記録密度との関係を示す。

【0078】しかして、下地層3に窒化物下地層（Co₅₀Ni₁₅N₃₅）を用いた磁気記録媒体1は比較例に比してノイズが少なく、高記録密度に適していることが確認できる。

【0079】なお、磁気記録層4がCo、Ni、Fe、CoNiおよびCoFeの少なくとも1種の層とPt、Pd、Niから選ばれたとも1種の層とを交互積層して形成することでも（NiとNiとの積層を除く。）、磁気記録層4における垂直方向の磁気異方性を大きくすることができ、低ノイズな垂直磁気記録媒体1を実現できる。

【0080】<第11の実施例>第11の実施例にかかる磁気記録媒体1は、窒化物下地層3の上に成膜する磁気記録層4を分断層により膜厚方向に分断したものである。

【0081】具体的には、第1の下地層3'の膜厚20nmのMoを成膜し、さらに第2の下地層3として膜厚40nmのNi₅₀Si₅N₄₅O₇を成膜し、第1の磁気記録層4として膜厚7nmのCo₅₀Pt₁₀Ta₁₀B₄O₂

を成膜し、分断層を成膜し、さらに第2の磁気記録層4として第1の磁気記録層4と同等の膜を膜厚15nmで形成する。

【0082】図17は、分断層の構成と再生出力および信号対ノイズ(S/N)比との関係を示す。

【0083】しかして、第11の実施例にかかる磁気記録媒体1によれば、分断層を用いない場合と比較して、保磁力(H_c)を低下させることなく良好なS/N比が得られることが解る。

【0084】なお、図17に分断層の例として、Ru、ReおよびFe、Co、Niから選ばれた少なくとも1種と窒素とからなる窒化物（Co₇₅N₂₅、Ni₅₇Fe₁₅N₂₈）を示したが、これら以外にも、Ru、Reと結晶構造が類似するOsや他のFe、Co、Niから選ばれた少なくとも1種と窒素とからなる窒化物でも同様の効果を得ることができる。

【0085】<その他の実施例>図18は、上記各実施例以外の磁気記録媒体の構成と、保磁力(H_c)との関係を示すものである。

【0086】具体的には、各磁気記録媒体の磁気異方性の方向（面内、垂直）、第1の下地層、第2の下地層、磁気記録層の構成およびその磁気記録層の保磁力(H_c)を示すが、かかる実施例いずれの下地層、磁気記録層でも十分な保磁力(H_c)であることが確認できる。

【0087】なお、上記磁気記録層4にB₂O₃、SiO₂、Al₂O₃、TiO₂、Ta₂O₃、ZrO、Y₂O₃、MgOなどの酸化物のいずれか（又はTiN、BN、AlN、Si₃N₄、Ta₃Nなどの窒化物のいずれか）（又はSiC、TiC、B₄C、TaCなどの炭化物のいずれか）を添加し、該化合物と上記磁気記録層金属とが微細に複合した構造（グラニューラー構造）を形成させると、ノイズを減らすことができる。

【0088】また、本発明磁気記録媒体は非加熱の成膜でも高保磁力と低ノイズの磁気記録媒体が得られるため、本発明磁気記録媒体をプラスチック、ポリエチレンテレフタレートなどの有機化合物の非磁性基板上の成膜においても優れた特性が維持され、テープ状あるいはフレキシブルディスク状など、さまざまな形状の磁気記録媒体に利用することができる。

【0089】

【発明の効果】以上に記載したところから明らかなように、本発明磁気記録媒体は、非磁性基板上に下地層を介して積層された磁気記録層を有する磁気記録媒体であって、上記下地層がFe、Co、Niからなる群から選ばれた少なくとも1種と窒素とからなる窒化物から成り、また、上記磁気記録層がCoおよびFeから選ばれた少なくとも1種の元素とNi、Pt、Pdから選ばれた少なくとも1種の元素とからなることを特徴とする。

【0090】したがって、本発明磁気記録媒体にあっては、非磁性基板上に形成されたFe、Co、Niからな

る群から選ばれた少なくとも1種と窒素とからなる窒化物下地層を介して、CoおよびFeから選ばれた少なくとも1種の元素とNi, Pt, Pdから選ばれた少なくとも1種の元素とからなる磁気記録層を形成したので、高い保磁力を有し、しかも、媒体ノイズが十分に小さく、高密度記録でも高い信号対ノイズ(S/N)比で記録再生することができ、かつ、信号の経時変化を少なくすることができ、高密度記録に適した磁気記録媒体を提供できる。特に、加熱成膜の必要なしに優れた特性が得られるので、従来の磁気ディスクのみならず、フレキシブルディスク、磁気テープなどの高密度化も容易に実現することができる。

【0091】請求項2に記載した発明にあつては、上記窒化物下地層の厚さを2nm以上200nm以下にしたので、磁気記録層の膜質の悪化、機械的特性の劣化などをさせることなく保磁力の向上を期待することができる。

【0092】請求項3に記載した発明にあつては、上記窒化物下地層中の窒素の量を15原子%以上50原子%以下したので、磁気記録層の保磁力が顕著に向上する。

【0093】請求項4に記載した発明にあつては、上記窒化物下地層の強磁性転移温度を0°以下あるいは常磁性体にしたので、窒化物下地層3の磁気的影響がほとんどなく、再生時の低ノイズ化を図ることができる。

【0094】請求項5に記載した発明にあつては、上記窒化物下地層にB, C, O, F, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Mn, Cu, Zn, Ga, Ge, Y, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, In, Sn, Sb, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, PtおよびAuからなる群より選ばれた少なくとも1種を含み、その含有量を原子%でFe, Co, Niの総量よりも少なくしたので、保磁力の著しい低下を伴わずに、各添加物毎に強磁性転移温度の低下、耐食性の向上又は低ノイズ化を図ることができる。

【0095】請求項6に記載した発明にあつては、上記窒化物下地層が組成の異なる層を複数層積層して成る層、あるいは組成を膜厚方向に連続して変化させた傾斜組成の層にしたので、さらなる保磁力の向上を期待できる。

【0096】請求項7に記載した発明にあつては、上記窒化物下地層中に六方晶(hcp)の結晶構造の相が含まれるようにしたので、磁気記録媒体1として十分な大きさの保磁力(Hc)および低ノイズを得ることができる。

【0097】請求項8に記載した発明にあつては、上記窒化物下地層中に含まれる六方晶(hcp)の割合を磁気記録層との界面付近で少なくとも体積比50%以上にしたので、さらなる保磁力(Hc)の向上および低ノイズ

化を図ることができる。

【0098】請求項9に記載した発明にあつては、上記窒化物下地層中に含まれる六方晶(hcp)の短軸の格子定数(a)を2.6Å以上2.9Å以下、長軸の格子定数(c)を4.1Å以上4.6Å以下にしたので、さらに、高い保磁力(Hc)を維持することができる。

【0099】請求項10に記載した発明にあつては、上記窒化物下地層と磁気記録層との間に厚さが0.5nm以上30nm以下のRu, ReおよびOsから選ばれた少なくとも1種からなる層を挿入したので、窒化物下地層の窒素量に対する保磁力(Hc)の変化が小さくなり安定した特性の磁気記録媒体を得ることができる。

【0100】請求項11に記載した発明にあつては、上記窒化物下地層にB₂O₃, SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, Ta₂O₃, ZrO, Y₂O₃, MgOなどの酸化物、TiN, BN, AlN, Si₃N₄, TaNなどの窒化物、SiC, TiC, B₄C, TaCなどの炭化物および炭素の少なくとも1種を含み、該化合物と上記窒化物とが微細に複合した構造に形成したので、さらなる低ノイズ化を図ることができる。

【0101】請求項12に記載した発明にあつては、上記磁気記録層がCo, Ni, Fe, CoNiおよびCoFeの少なくとも1種の層とPt, Pd, Niから少なくとも1種の層とを交互積層したので、磁気記録層4における垂直方向の磁気異方性を大きくすることができ、低ノイズな垂直磁気記録媒体1を実現できる。

【0102】請求項13に記載した発明にあつては、上記磁気記録層がRu, Re, Osのいずれか、あるいはFe, Co, Niから選ばれた少なくとも1種と窒素とからなる窒化物により複数に分断したので、保磁力(Hc)を低下させることなく良好なS/N比を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る磁気記録媒体の基本構成を概念的に示す図である。

【図2】本発明磁気記録媒体の第1の実施例に関するグラフ図であり、第1の実施例にかかる(Ni_{1-x}N_x)および比較例(Cr)の下地層を有する磁気記録層(Co-Pt)に含有されているPt量と保磁力(Hc)との関係を示す特性曲線図である。

【図3】本発明磁気記録媒体の第2の実施例に関するグラフ図であり、第2の実施例にかかるの磁気記録媒体における下地層膜厚tと保磁力(Hc)との関係を示す特性曲線図である。

【図4】図5および図6とともに、本発明磁気記録媒体の第3の実施例に関するグラフ図であり、本図は第3の実施例にかかる磁気記録媒体におけるFe窒化物下地層に含まれる窒素量と磁気記録層の保磁力(Hc)および下地層の強磁性転移温度(Tc)との関係を示す特性曲線図である。

【図 5】第 3 の実施例の磁気記録媒体における Co 窒化物下地層に含まれる窒素量と磁気記録層の保磁力 (H_c) および下地層の強磁性転移温度 (T_c) との関係を示す特性曲線図である。

【図 6】第 3 の実施例の磁気記録媒体における Ni 窒化物下地層に含まれる窒素量と磁気記録層の保磁力 (H_c) および下地層の強磁性転移温度 (T_c) との関係を示す特性曲線図である。

【図 7】本発明磁気記録媒体の第 4 の実施例に関するグラフ図であり、第 4 の実施例にかかる ($\text{Ni}_{10}\text{B}_{10}\text{N}_{30}$) および比較例 (Cr) の下地層上に磁気記録層 (Co-Pt-B-O) を形成して成る磁気記録媒体における線記録密度と規格化ノイズとの関係を示す特性曲線図である。

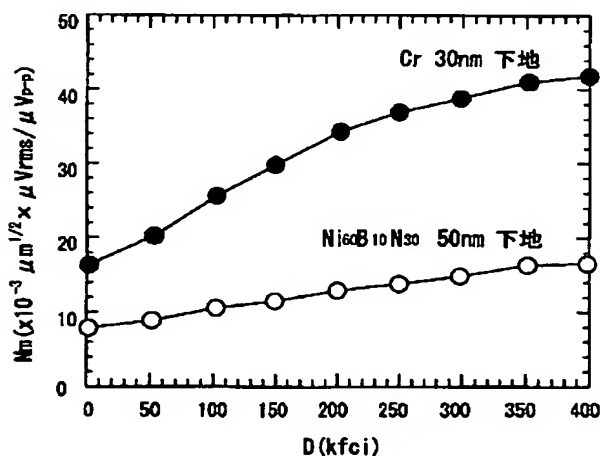
【図 8】図 9 とともに、本発明磁気記録媒体の第 5 の実施例に関するグラフ図であり、本図は第 5 の実施例にかかる磁気記録層 ($\text{Co}_{78}\text{Ni}_{10}\text{Pt}_{12}$) の下地層として Co 合金窒化物膜を用いた場合の添加元素の種類および添加量と保磁力との関係を示す特性曲線図である。

【図 9】第 5 の実施例にかかる磁気記録層 ($\text{Co}_{78}\text{Ni}_{10}\text{Pt}_{12}$) の下地層として Co 合金窒化物膜を用いた場合の添加元素の種類および添加量と保磁力との関係を示す特性曲線図である。

【図 10】本発明磁気記録媒体の第 6 の実施例に関するグラフ図であり、第 6 の実施例にかかる磁気記録層 ($\text{Co}_{78}\text{Pt}_{22}$) の下地層中に含まれる六方晶結晶の体積比 R と磁気記録層の保磁力 (H_c) との関係を示す特性曲線図である。

【図 11】図 12 とともに、本発明磁気記録媒体の第 7 の実施例に関するグラフ図であり、本図は第 7 の実施例にかかる磁気記録層 ($\text{Co}_{78}\text{Pt}_{22}$, $\text{Co}_{64}\text{Pt}_{36}$) の下地層中に含まれる六方晶結晶の (横軸) 格子定数 a と磁気記録層の保磁力 (H_c) との関係を示す特性曲線図である。

【図 7】



【図 12】第 7 の実施例にかかる磁気記録層 ($\text{Co}_{78}\text{Pt}_{22}$, $\text{Co}_{64}\text{Pt}_{36}$) の下地層中に含まれる六方晶結晶の (縦軸) 格子定数 c と磁気記録層の保磁力 (H_c) との関係を示す特性曲線図である。

【図 13】本発明磁気記録媒体の第 8 の実施例に関するグラフ図であり、第 8 の実施例にかかる磁気記録層 ($\text{Co}_{78}\text{Pt}_{22}$) と下地層 (Ni-N) の間に Ru 層を挿入した場合としない場合の下地層中に含まれる窒素量と磁気記録層の保磁力 (H_c) との関係を示す特性曲線図である。

【図 14】本発明磁気記録媒体の第 9 の実施例に関するグラフ図であり、第 9 の実施例にかかる窒化物下地層における SiO_2 の下地層に対する含有率 (mol%) と、線密度 300kfc/i の記録信号再生時に発生する雑音電圧との関係を示す特性曲線図である。

【図 15】図 16 とともに、本発明磁気記録媒体の第 10 の実施例に関するグラフ図であり、本図は第 10 の実施例にかかる窒化物下地層 ($\text{Co}_{50}\text{Ni}_{15}\text{N}_{35}$) および比較例 (Pd) の下地層を有する垂直磁化磁気記録層 (Co/Pd 連続積層膜) の磁性膜成膜ガス圧と膜面垂直保磁力 ($H_{c\perp}$) との関係を示す特性曲線図である。

【図 16】第 10 の実施例にかかる窒化物下地層 ($\text{Co}_{50}\text{Ni}_{15}\text{N}_{35}$) および比較例 (Pd) の下地層上に垂直磁化磁気記録層 (Co/Pd 連続積層膜) を形成して成る磁気記録媒体における線記録密度と規格化ノイズとの関係を示す特性曲線図である。

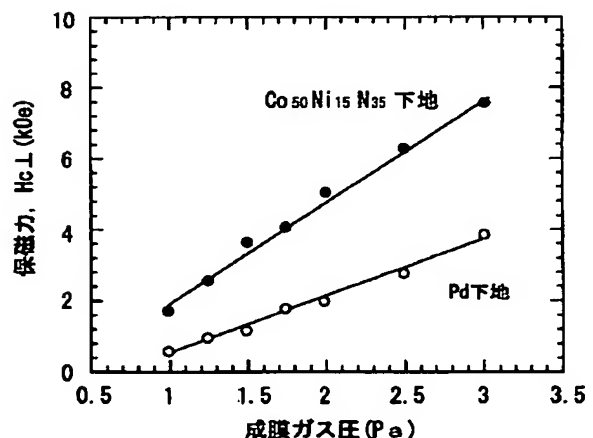
【図 17】第 11 の実施例にかかる分断層の構成と再生出力および信号対ノイズ (S/N) 比との関係を示す図である。

【図 18】上記各実施例以外の磁気記録媒体の構成と、保磁力 (H_c) との関係を示すものである。

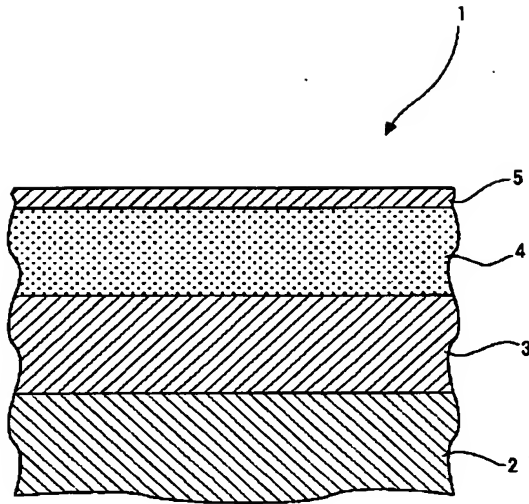
【符号の説明】

1…磁気記録媒体、2…非磁性基板、3…下地層、4…磁気記録層

【図 15】

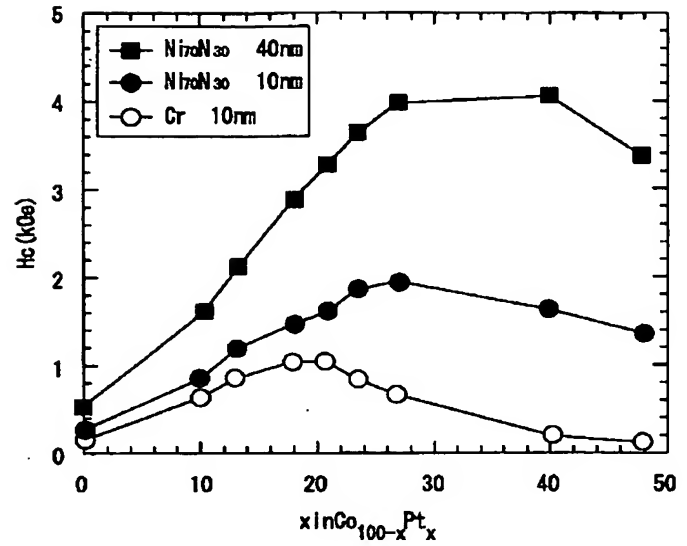


【図 1】

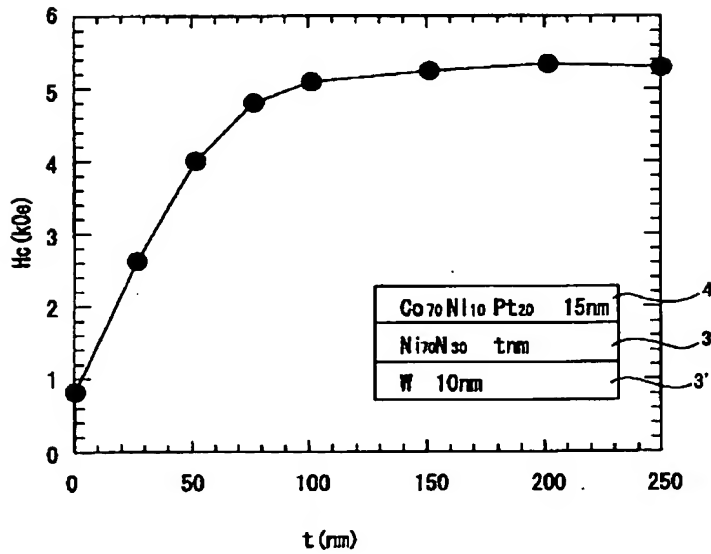


- 1…磁気記録媒体
2…非磁性基板
3…下地層
4…磁気記録層

【図 2】



【図 3】



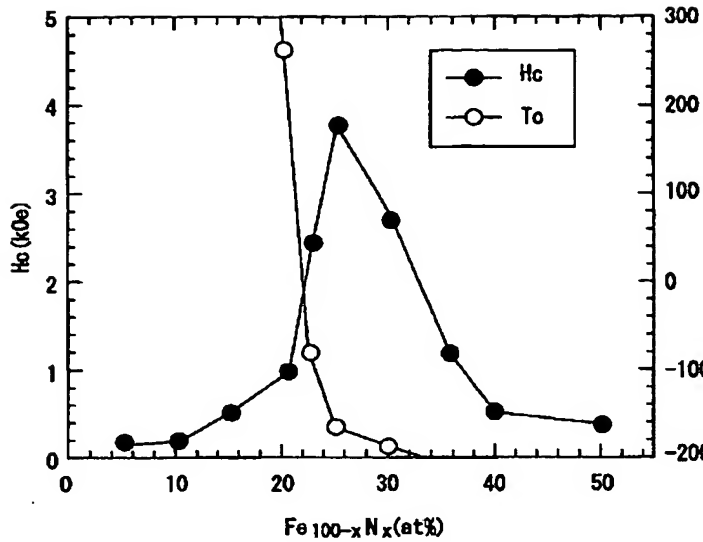
- 3…下地層
4…磁気記録層

Co70Ni10Pt20	15nm
Ni70Ni30	1nm
W	10nm

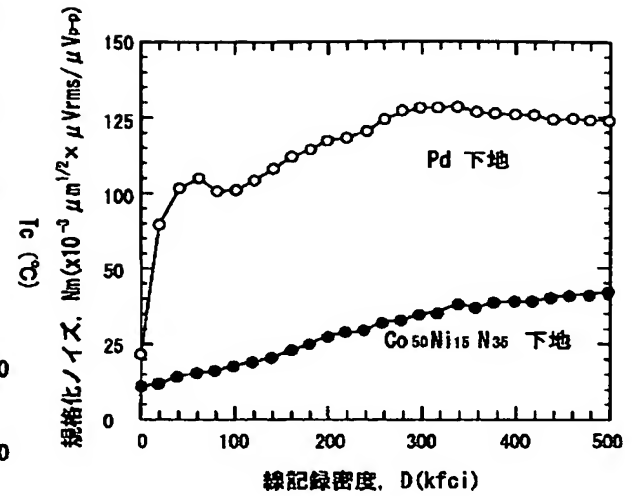
【図 17】

	分断層の構成	信号出力 (mV _{pp})	S/N比 (dB)
比較例	分断層なし	1.9	28
	Ru 1nm	0.9	33
	Re 1nm	0.9	33
	Co75Ni25 2nm	1.0	38
	Ni57Fe15Ni28 3nm	1.1	34

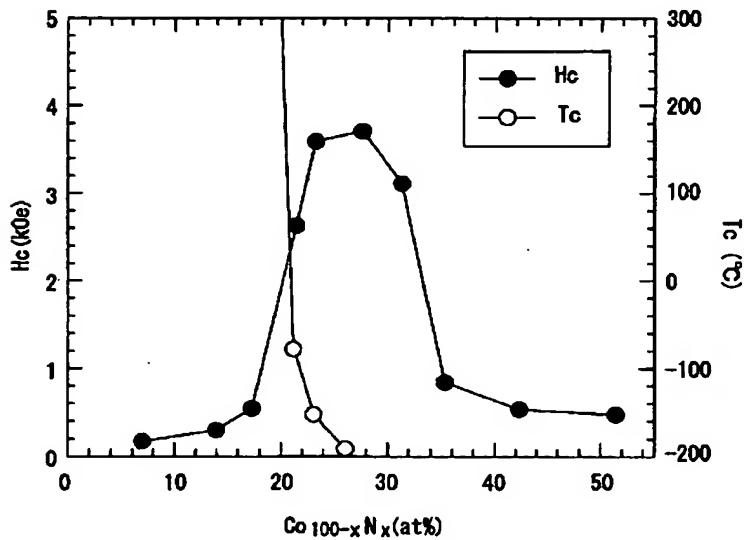
【図 4】



【図 16】



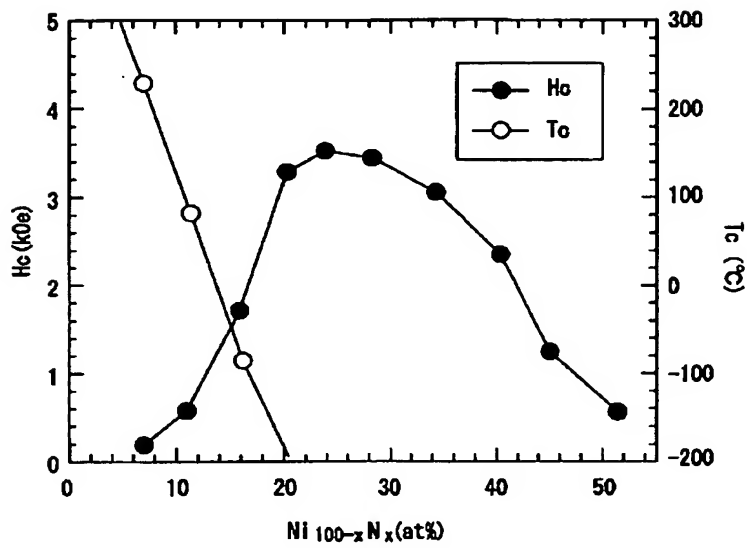
【図 5】



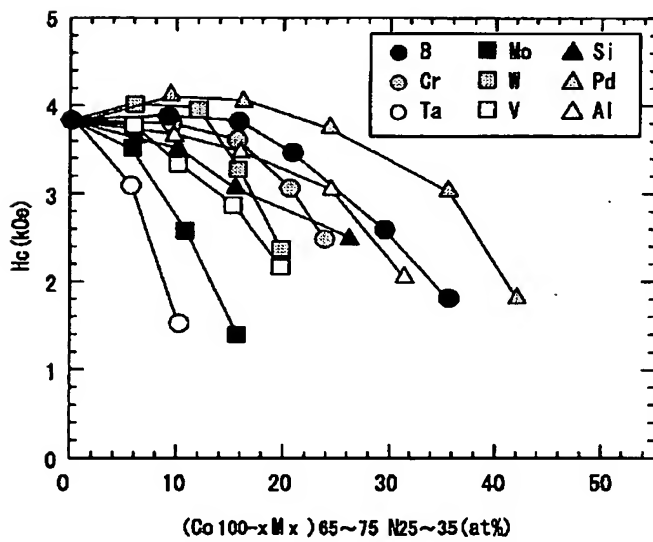
【図 18】

	磁化方向	第1の下地膜、厚さ	第2の下地膜、厚さ	磁性膜の構成、厚さ	保持力 (kOe)
比較例	膜面内	Cr 50nm	-	Co70Ni30 10nm	0.3
	膜面内	Cr 50nm	Co55Pd25N20 20nm	Co70Ni30 10nm	1.3
	膜面内	Ti 10nm	Fe57Ru15N28 20nm	Co78Pt14Cr8 14nm	2.8
	膜面内	Ru 30nm	Ni78N22-10mol%SiO2 5nm	Co70Pt17Cr8B5 15nm	3.9
	膜面内	W87B8O5 10nm	Ni57Cu15N38 50nm	85mol%Co70Pt30-15mol%SiO2	4.2
	膜面垂直	Ta 10nm	Co75N25 20nm	[Co(0.3nm)/Pt(1nm)] x20	4.3

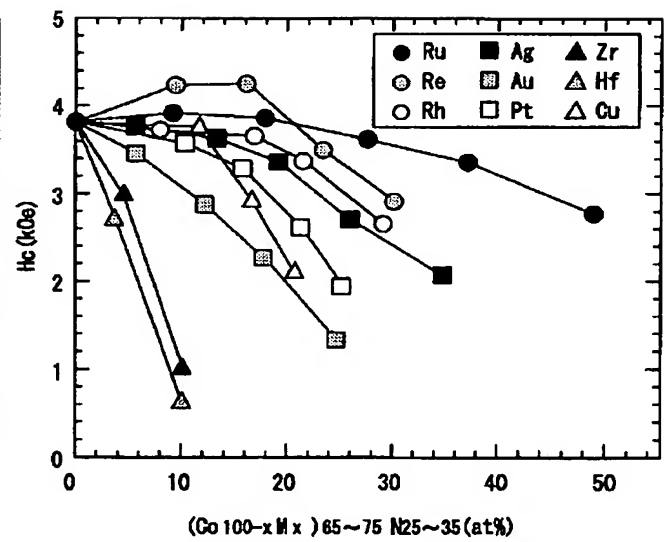
【図 6】



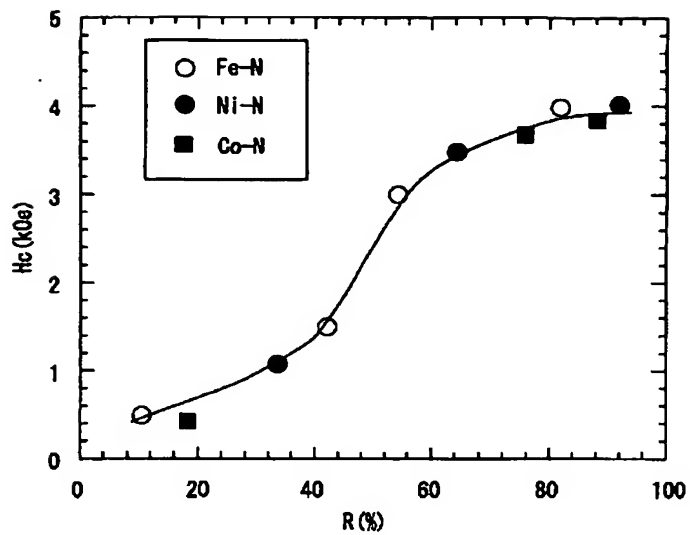
【図 8】



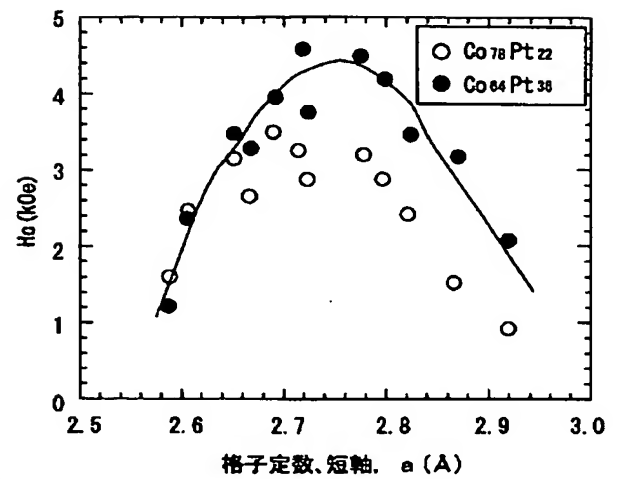
【図 9】



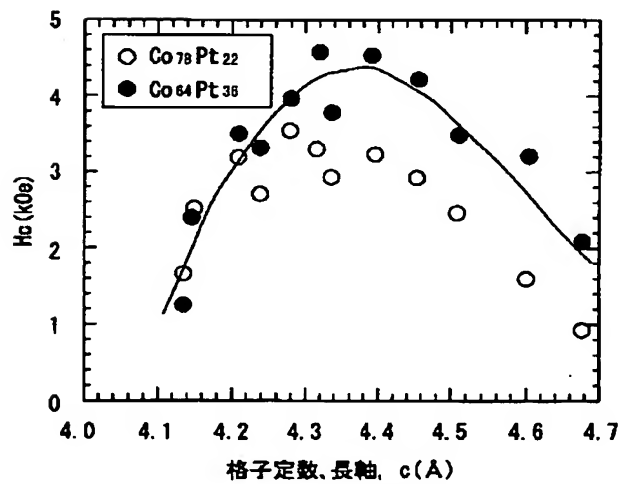
【図 10】



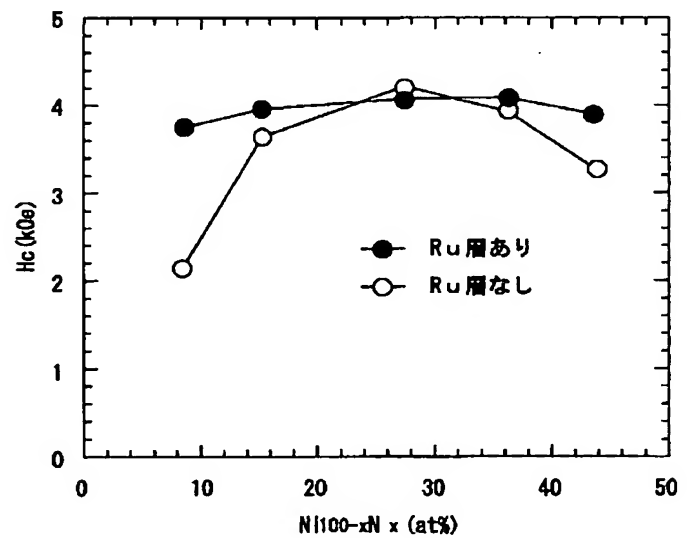
【図 11】



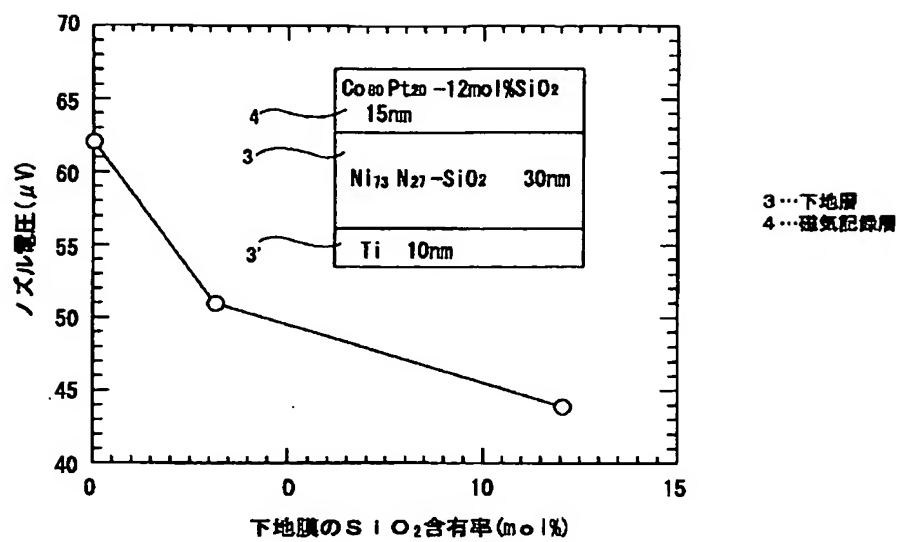
【図 12】



【図 13】



【図 14】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.